



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10172899 A**(43) Date of publication of application: **26.06.98**

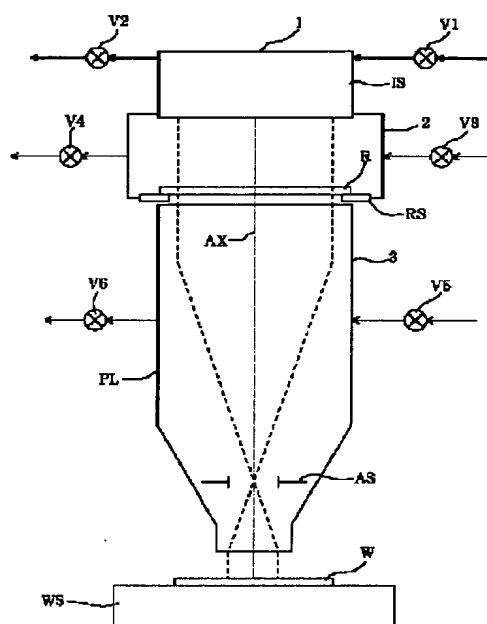
(51) Int. Cl.

**H01L 21/027**  
**G03F 7/20**(21) Application number: **08340653**(71) Applicant: **NIKON CORP**(22) Date of filing: **05.12.96**(72) Inventor: **TAKAHASHI TETSUO****(54) OPTICAL ADJUSTING METHOD FOR ALIGNER****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently adjust and test an optical system by substituting N in a space with air, adjusting optical members, and substantially lowering the intensity of an exposure light to do a test exposure.

**SOLUTION:** For adjusting a lens AS, N is forcedly exhausted from a vessel 3 through a valve 6 to substitute the 8 in the vessel 3 with air, and the lens AS is adjusted in the air atmosphere. During or after optical adjusting, a test reticle R having a test pattern laid on a reticle stage RS, and the vessel 3 opened to the air, the output of a laser optical source IS is lowered to do the test exposure with the test reticle R. This greatly improves the adjustment of the optical system, test work efficiency and working speed.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



	r	d	n
1	-453.18731	17.00000	1.5601940
2	370.52697	13.61309	
3	710.84358	26.00000	1.5601940
4	-350.78200	1.00000	
5	367.53957	28.00000	1.5601940
6	-567.47540	1.00000	
7	289.50734	29.00000	1.5601940
8	-899.09021	1.00000	
9	199.45895	23.00000	1.5601940
10	103.61200	15.76415	
11	188.56105	25.80000	1.5601940
12	-574.20881	4.24245	
13	3000.00000	16.61684	1.5601940
14	118.18165	21.76285	
15	-336.11504	15.00000	1.5601940
16	161.39927	25.87166	
17	-120.57109	15.00000	1.5601940
18	$\infty$	33.99581	
19	-2985.44300	36.97923	1.5601940
20	-150.10550	11.68359	
21	-122.25791	28.00000	1.5601940
22	-204.99200	1.00000	
23	$\infty$	29.24000	1.5601940
24	-312.57215	1.00000	
25	965.45342	27.00000	1.5601940
26	-643.40298	1.00000	
27	258.67450	39.00000	1.5013750
28	-2967.14700	1.00000	
29	246.35328	35.60000	1.5013750
30	-2970.04500	1.00000	
31	$\infty$	24.00000	1.5601940
32	157.63171	10.66701	
33	234.15227	17.00000	1.5601940
34	157.66180	32.59249	
35	-200.72428	15.00000	1.5601940
36	432.89447	37.93920	
37	$\infty$	24.40000	(開口絞りAS)
38	-175.71116	17.00000	1.5601940
39	-2985.98400	1.00000	
40	-2985.99700	35.50000	1.5013750
41	-189.63629	1.00000	
42	-3000.00000	24.40000	1.5601940
43	-350.29744	1.00000	
44	362.38815	46.50000	1.5013750
45	-361.31567	10.87000	
46	-251.97148	23.00000	1.5601940
47	-662.28158	1.00000	
48	238.98700	38.10000	1.5013750
49	1994.63265	1.00000	

7			
50	211.51173	33.40000	1.5013750
51	720.00000	1.00000	
52	129.92966	46.00000	1.5013750
53	669.85166	2.78330	
54	970.74182	19.98622	1.5601940
55	78.20244	6.27314	
56	86.12755	32.52274	1.5601940
57	230.00000	2.86248	
58	232.22064	44.18344	1.5601940
59	350.03691	19.46622	

【0016】なお、照明光学系ISは容器1によって包囲され、バルブV1を介して容器1への窒素ガスの供給が行われ、且つバルブV2を介して容器1からの排気が行われるように構成されている。したがって、たとえば真空ポンプによりバルブV2を介して容器1から空気を強制排出した後にバルブV1を介して容器1へ窒素ガスを供給することにより、容器1内の空気を窒素で置換して照明光学系ISの光路をほぼ窒素雰囲気にすることができる。また、照明光学系ISとレチクルステージRSとの間の光路は容器2によって包囲され、バルブV3を介して容器2への窒素ガスの供給が行われ、且つバルブV4を介して容器2からの排気が行われるように構成されている。したがって、バルブV4を介して容器2から空気を強制排出した後にバルブV3を介して容器2へ窒素ガスを供給することにより、容器2内の空気を窒素で置換して照明光学系ISとレチクルステージRSとの間の光路をほぼ窒素雰囲気にすることができる。

【0017】さらに、投影光学系PLは容器3によって包囲され、バルブV5を介して容器3への窒素ガスの供給が行われ、且つバルブV6を介して容器3からの排気が行われるように構成されている。したがって、バルブV6を介して容器3から空気を強制排出した後にバルブV5を介して容器3へ窒素ガスを供給することにより、容器3内の空気を窒素で置換して投影光学系PLの光路をほぼ窒素雰囲気にすることができる。こうして、照明光学系ISから投影光学系PLまでの光路をほぼ窒素雰囲気にした状態で、投影光学系PLとウェハWとの間の光路に窒素ガスを不図示のノズルを介して一定流速で吹き付けながら露光を行うことにより、ウェハWの露光領域にレチクルRのパターンを転写することができる。

【0018】本実施例では、投影光学系PLを構成するレンズ部材について調整が必要となった場合、たとえばバルブV6を介して容器3から窒素を強制排出しながら容器3を大気に開放することにより容器3の窒素を空気で置換し、空気雰囲気中においてレンズ部材の調整を行う。レンズ1～レンズ12はそれぞれ投影光学系PLの光軸AXに沿った方向および投影光学系PLの光軸AXと直交する面内に沿って移動可能に設けられていると共に、さらに投影光学系PLの光軸AXに対して傾斜可能となるように、レンズ保持部材によりそれぞれ保持され

ている。そして、レンズ1～レンズ12は、各レンズに対応するレンズ保持部材にそれぞれ設けられている第1のビスを介して、投影光学系PLの光軸AXに沿った方向へそれぞれ移動するように構成されている。また、レンズ1～レンズ12は、各レンズに対応するレンズ保持部材にそれぞれ設けられている第2のビスを介して、投影光学系PLの光軸AXと直交する面内に沿ってそれぞれ移動するように構成されている。また、レンズ1～レンズ12は、各レンズに対応するレンズ保持部材にそれぞれ設けられている第3のビスを介して、投影光学系PLの光軸AXに対して傾斜するように構成されている。

【0019】このため、レンズ保持部材に設けられた複数の第1のビスの少なくとも1つを介して、レンズ1～レンズ12の内の少なくとも1つのレンズを投影光学系PLの光軸AXに沿った方向へ移動させることにより、投影光学系PLの倍率調整、あるいは投影光学系PLの非点収差を調整（又は補正）でき、レンズ保持部材に設けられた複数の第2のビスを介して、レンズ1～レンズ12の内の1つのレンズを投影光学系PLの光軸AXと直交する面内に沿って移動させることにより、投影光学系PLの偏心コマ収差や偏心非点収差等を調整（又は補正）することができる。また、レンズ保持部材に設けられた複数の第3のビスを介して、レンズ1～レンズ12の内の1つのレンズを投影光学系PLの光軸AXに対して傾斜させることにより、例えば投影光学系PLのディストーション（偏心ディストーション等）を調整（又は補正）することができる。

【0020】そして、光学調整中または光学調整後に、テストパターンが形成されたテストレチクルをレチクルステージRS上に設定して、容器3を大気に開放した状態でエキシマレーザ光源の出力を低下させてテストレチクルによる検査露光を行う。第1回目の検査露光により投影光学系PLの性能調整が良好であることが判明すれば、投影光学系PLの調整および検査が終了する。すなわち、第1回目の検査露光により投影光学系PLを介してテストレチクルのパターンが焼き付けられたウェハWを電子顕微鏡等を用いて検査した結果、投影光学系PLの光学性能が良好であれば、投影光学系の調整および検査が終了する。一方、第1回目の検査露光により投影光学系PLの性能調整が良好でないことが判明すれば、容

器3を大気に開放した状態でレンズ部材の調整および検査露光を必要に応じて繰り返すことになる。投影光学系PL中のレンズの調整は、レンズ1～レンズ12に限ることなく、他のレンズ（レンズ13～レンズ29）を移動あるいは傾斜させて調整しても良い。

【0021】図3は、投影光学系PLを包囲する容器3の内部が窒素雰囲気である通常露光状態における諸収差図である。また、図4は、本実施例において投影光学系PLを包囲する容器3の内部を空気雰囲気に置換した調整検査状態における諸収差図である。各収差図において、NAは開口数を、Yは像高をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。図3と図4とを参照すると、本実施例では、投影光学系PLの光路の全体が窒素雰囲気から空気雰囲気へ変化しても、投影光学系PLの諸収差がほとんど変化しないことがわかる。したがって、本実施例の光学調整方法によれば、高い検査精度を確保しながら、有害なオゾンを実質的に発生させることなく、投影光学系PLの調整および検査を効率良く且つ迅速に行うことができる。

【0022】以上の調整および検査の各工程が終了した後、バルブ5を介して窒素ガスを供給して、容器3内に窒素ガスを充填する。その窒素ガス供給工程が完了した後、実際の露光工程に移行する。つまり、露光工程では、露光用パターンが形成されたレチクルRをレチクルステージRS上に設定し、照明光学系ISからの光でレチクルRを照明して、レチクルR上のパターンを投影光学系PLを介して感光性基板としてのウエハWに投影露光する。図1に示した露光装置による露光の工程（フォトリソグラフィ工程）を経たウエハWは、現像する工程を経てから現像したレジスト以外の部分を除去するエッチングの工程、エッチングの工程後の不要なレジストを除去するレジスト除去の工程等を経てウエハプロセスが終了する。そして、ウエハプロセスが終了すると、実際の組立工程にて、焼き付けられた回路毎にウエハを切断してチップ化するダイシング、各チップに配線等を付与するボンディング、各チップ毎にパッケージングするパッケージング等の各工程を経て、最終的に半導体装置としての半導体デバイス（LSI等）が製造される。

【0023】このように、本発明による調整方法を用いて半導体デバイスを製造すれば、従来よりもさらに微細なパターンを感光性基板としてのウエハW上に露光することができるため、より高い集積度の半導体デバイスを製造することができる。なお、以上の説明では、投影露光装置を用いたウエハプロセスでのフォトリソグラフィ工程により半導体デバイスを製造する例を示したが、露光装置を用いたフォトリソグラフィ工程によって、半導体デバイスとして、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD等）を製造することができる。

【0024】なお、変形例として、投影光学系PLの光

路を包囲する容器3を、レンズL1からレンズL12までを包囲する第1容器とレンズL13からレンズL29までを包囲する第2容器とで構成することができる。この変形例では、調整頻度が比較的大きい第1容器内のレンズ部材（レンズL1からレンズL12）について調整が必要となった場合、第2容器内を窒素雰囲気に維持したまま第1容器だけを大気に開放し、第1容器内のレンズ部材を空気雰囲気中において前述の実施例と同様の手法により調整することができる。また、第2容器内のレンズ部材（レンズL13からレンズL29）について調整が必要となった場合、第1容器内を窒素雰囲気に維持したまま第2容器だけを大気に開放し、第2容器内のレンズ部材を空気雰囲気中において調整することができる。このように、変形例では、光学調整に際して置換すべき空間区画の容積が小さいので、上述の実施例よりも迅速に光学調整を開始することができる。

【0025】図5は、変形例において投影光学系PLの光路の一部を包囲する第1容器の内部を空気雰囲気に置換した調整検査状態における諸収差図である。図5においても、NAは開口数を、Yは像高をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。図3と図5とを参照すると、変形例においても、投影光学系PLの光路の一部（レチクルRからレンズL12までの光路）が窒素雰囲気から空気雰囲気へ変化しても、投影光学系PLの諸収差がほとんど変化しないことがわかる。したがって、変形例の光学調整方法によれば、高い検査精度を確保しながら、有害なオゾンを実質的に発生させることなく、投影光学系PLの調整および検査を効率良く且つ上述の実施例よりも迅速に行うことができる。

【0026】なお、上述の実施例および変形例では、投影光学系の調整および検査について本発明を説明したが、照明光学系の調整および検査についても同様に本発明を適用することができる。また、上述の実施例および変形例では、エキシマレーザ光源を用いた露光装置における光学系の調整および検査について本発明を説明したが、酸素による吸収が比較的大きい他の特定波長の光を使用する露光装置における光学系の調整および検査についても本発明を適用することができる。さらに、上述の実施例および変形例では、屈折型の投影光学系を有する露光装置における光学系の調整および検査について本発明を説明したが、反射型および反射屈折型の投影光学系を有する露光装置における光学系の調整および検査についても本発明を適用することができる。

【0027】

【効果】以上説明したように、本発明では、空気雰囲気中において光学調整を行いながら検査露光を行うことができるので、光学系の調整および検査の作業効率および作業速度が著しく向上する。また、露光光の強度を低下

させて検査露光を行うので、検査精度を低下させることなく、オゾンの発生を十分小さく抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例にかかる光学調整方法が適用される露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の投影光学系PLのレンズ構成を示す図である。

【図3】投影光学系PLを包囲する容器3の内部が窒素雰囲気である通常露光状態における諸収差図である。

【図4】本実施例において投影光学系PLを包囲する容器3の内部を空気雰囲気に置換した調整検査状態における諸収差図である。

【図5】変形例において投影光学系PLの光路の一部を包囲する第1容器の内部を空気雰囲気に置換した調整検査状態における諸収差図である。

【図6】気温が23℃で1気圧における窒素の絶対屈折率および空気の絶対屈折率の波長特性を示す図である。

【符号の説明】

1～3 容器

V1～V6 バルブ

IS 照明光学系

PL 投影光学系

R レチクル

RS レチクルステージ

W ウエハ

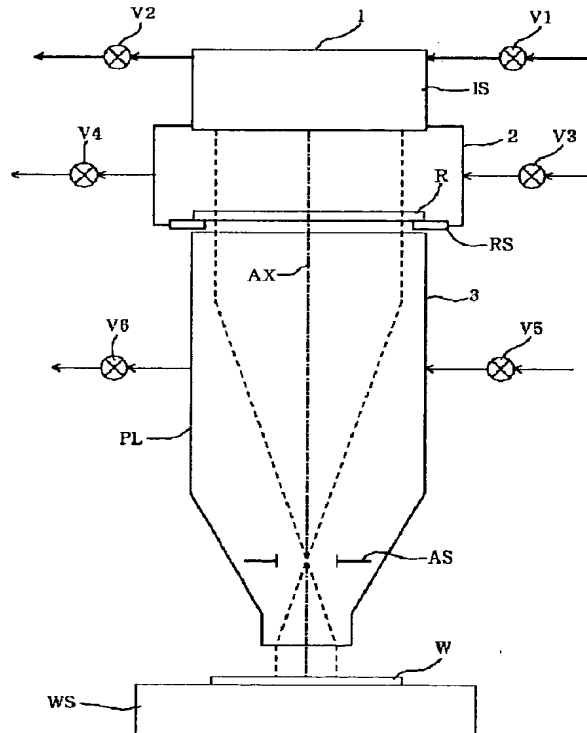
WS ウエハステージ

AX 光軸

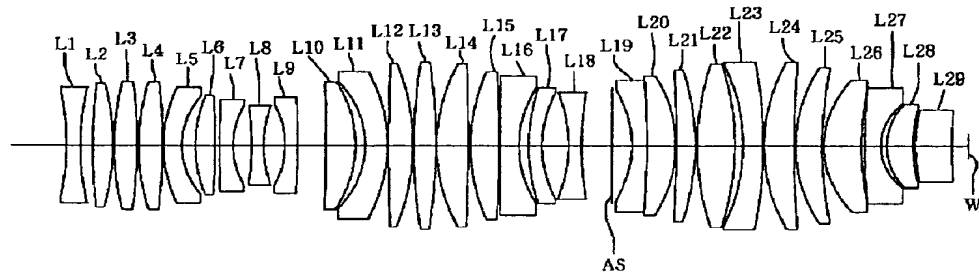
AS 開口絞り

Li 各レンズ部材

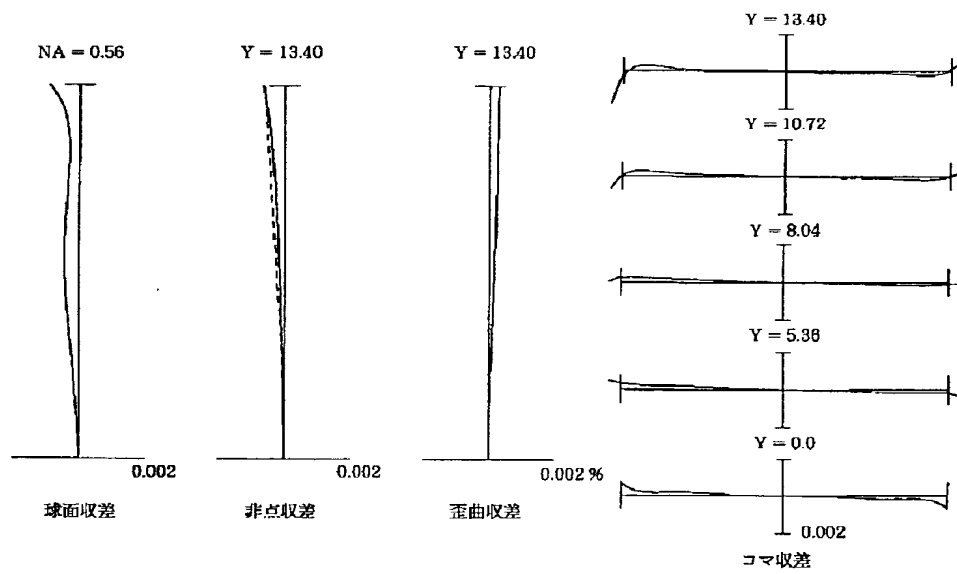
【図1】



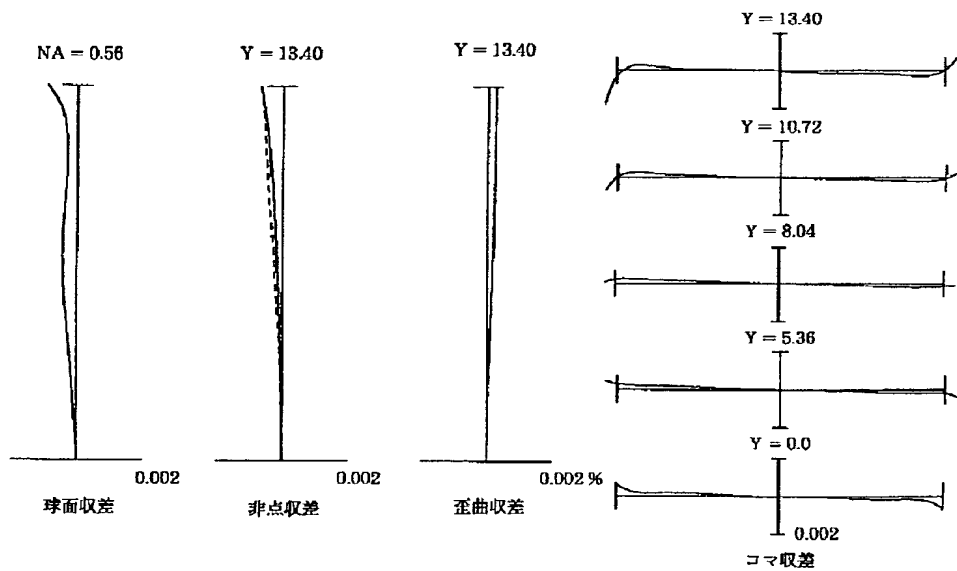
【図2】



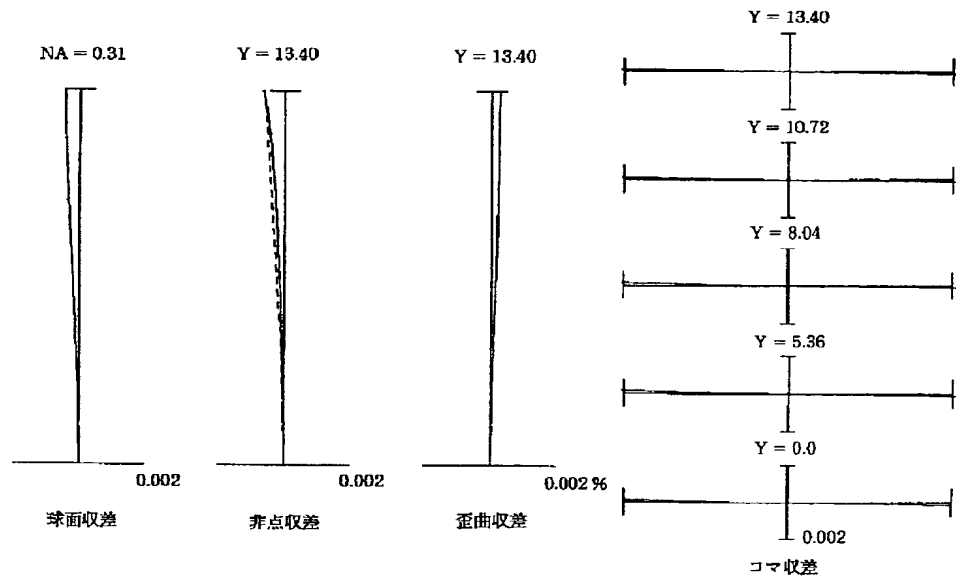
【図3】



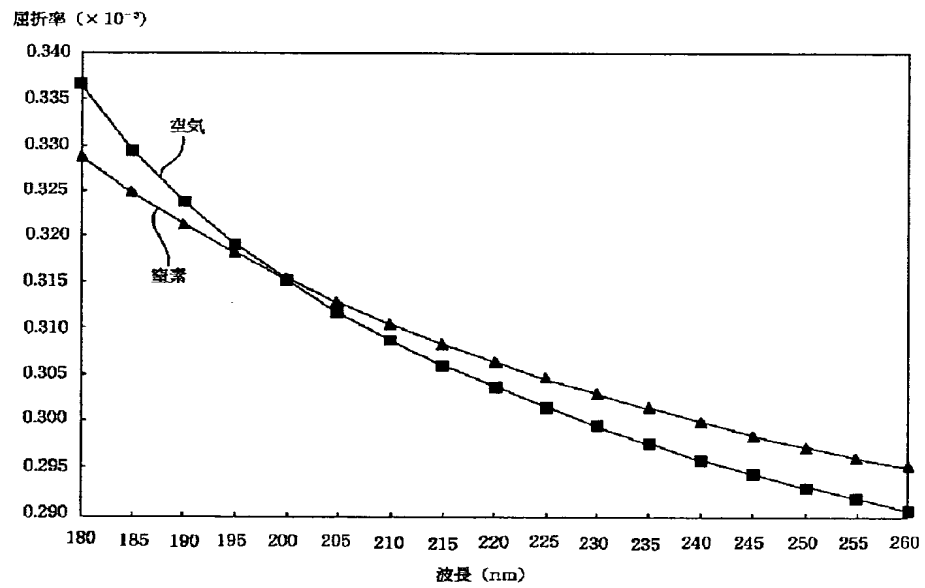
【図4】



【図5】



【図6】



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-172899

(43)公開日 平成10年(1998) 6 月26日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 3 F 7/20

識別記号  
5 2 1

F I  
H 0 1 L 21/30  
G 0 3 F 7/20

5 1 6 F  
5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平8-340653

(22)出願日 平成8年(1996)12月5日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 高橋 哲男

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

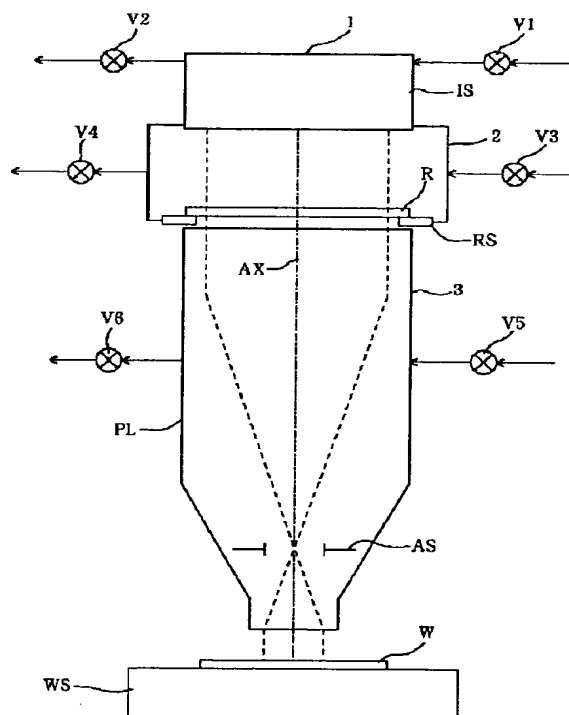
(74)代理人 弁理士 山口 孝雄

(54)【発明の名称】 露光装置の光学調整方法

(57)【要約】

【課題】 窒素雰囲気中の光路を介して露光を行う露光装置において光学系の調整および検査を効率良く行う。

【解決手段】 本発明は、窒素雰囲気中の光路を介してマスク (R) のパターンを感光性基板 (W) に転写する露光装置の光学調整方法である。そして、調整すべき光学部材を含む空間区画内の窒素を空気で置換する置換工程と、置換工程により空気雰囲気となった空間区画内の光学部材を調整する調整工程と、調整工程中または調整工程後に、空間区画内が空気雰囲気である状態において露光光の強度を実質的に低下させて検査露光を行う検査工程とを備えている。





**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 窒素雰囲気中の光路を介してマスクのパターンを感光性基板上に転写する露光装置の光学調整方法において、調整すべき光学部材を含む空間区画内の窒素を空気で置換する置換工程と、前記置換工程により空気雰囲気となった前記空間区画内の前記光学部材を調整する調整工程と、前記調整工程中または前記調整工程後に、前記空間区画内が空気雰囲気である状態において露光光の強度を実質的に低下させて検査露光を行う検査工程とを備えていることを特徴とする露光装置の光学調整方法。

**【請求項2】** 前記露光光の波長は、184nm乃至255nmであることを特徴とする請求項1に記載の露光装置の光学調整方法。

**【請求項3】** 前記置換工程は、前記空間区画内の窒素を強制排出するとともに前記空間区画を大気に開放することによって行われることを特徴とする請求項1または2に記載の露光装置の光学調整方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】**本発明はたとえば半導体デバイスを製造する露光装置の光学調整方法に関し、特に窒素雰囲気中で露光を行う露光装置における投影光学系の調整および検査に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】**半導体素子の大集積化に伴って、要求される回路パターンの線幅が小さくなりつつある。回路パターンの線幅を小さくするには露光光の波長を短くする必要があり、最近ではArFを媒体としたエキシマレーザ光（波長193nm）を使用した露光装置が提案されている。ArFエキシマレーザ光は、酸素に対して吸収特性を有する波長域（スペクトル成分）を含んでおり、大気中の酸素による吸収が大きい。露光光が酸素に吸収されることによって、露光光の光量が低下するとともに、露光光の吸収の際に酸素から有害ガスであるオゾンが発生してしまう。

**【0003】**そこで、特開平6-260385号公報に開示された露光装置では、ArFエキシマレーザ光源のレーザ射出口から投影光学系のウェハ側端部までの光路を幾つかの空間区画に分割し、各空間区画内の空気を窒素のような不活性ガスで置換している。したがって、この露光装置では、たとえば照明光学系または投影光学系を構成する1つまたは複数の光学部材について調整（修理を含む）が必要な場合、その光学部材を含む空間区画内の窒素を空気で置換した後に、空気雰囲気中において光学調整を行う必要がある。

**【0004】**

**【発明が解決しようとする課題】**上述したように、窒素雰囲気中で露光を行う従来の露光装置では、調整すべき

光学部材を含む空間区画内の窒素を空気で置換した後に、空気雰囲気中において光学部材の調整を行う必要がある。そして、その空間区画内の空気を窒素で再び置換した後に検査露光を行うことにより、光学調整後の光学系の性能検査を行うことになる。これは、光路の一部が空気雰囲気である状態で検査露光を行うとオゾンの発生により光学部材が破損する可能性があるという理由、および窒素雰囲気中での使用を前提として設計されている光学系の性能検査を光路の一部が空気雰囲気である状態では正確に行うことができないであろうという予断に基づいている。

**【0005】**したがって、第1回目の検査露光により光学系の性能調整が十分でないことが判明した場合、空間区画内の窒素を空気で置換して光学部材の調整を行う工程と、空間区画内の空気を窒素で置換して検査露光を行う工程とを必要に応じて繰り返さなければならない。その結果、窒素雰囲気中で露光を行う従来の露光装置では、光学系の調整および検査の作業効率が非常に悪い。本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、窒素雰囲気中の光路を介して露光を行う露光装置において光学系の調整および検査を効率良く行うことのできる露光装置の光学調整方法を提供することを目的とする。

**【0006】**

**【課題を解決するための手段】**前記課題を解決するために、本発明においては、窒素雰囲気中の光路を介してマスクのパターンを感光性基板上に転写する露光装置の光学調整方法において、調整すべき光学部材を含む空間区画内の窒素を空気で置換する置換工程と、前記置換工程により空気雰囲気となった前記空間区画内の前記光学部材を調整する調整工程と、前記調整工程中または前記調整工程後に、前記空間区画内が空気雰囲気である状態において露光光の強度を実質的に低下させて検査露光を行う検査工程とを備えていることを特徴とする露光装置の光学調整方法を提供する。

**【0007】**本発明の好ましい態様によれば、前記露光光の波長は、184nm乃至255nmである。また、前記置換工程は、前記空間区画内の窒素を強制排出するとともに前記空間区画を大気に開放することによって行われることが好ましい。

**【0008】**

**【発明の実施の形態】**図6は、気温が23°Cで1気圧における窒素の絶対屈折率および空気の絶対屈折率の波長特性を示す図である。図6において、縦軸は絶対屈折率を、横軸は光の波長をそれぞれ示している。図6に示すように、184nm~255nmの波長を有する光に対する窒素の絶対屈折率と空気の絶対屈折率との差は、最大で $\pm 5 \times 10^{-6}$ 程度である。したがって、露光光の波長がたとえば184nm~255nmの範囲内であれば、光路の一部が窒素雰囲気から空気雰囲気へ変化しても、光学系の性能はほとんど変化しない。換言すれば、

窒素雰囲気中での使用を前提として設計された光学系の性能を、光路の一部が空気雰囲気である状態においても十分な精度で検査することができる。なお、空気雰囲気中と窒素雰囲気中との光学特性の差をより小さく抑えるためには、露光光の波長は、 $189\text{ nm} \sim 225\text{ nm}$ の範囲とすることがより好ましい。これにより、窒素の絶対屈折率と空気の絶対屈折率との差を最大でも $\pm 3 \times 10^{-6}$ に抑えることができ、空気雰囲気中と窒素雰囲気中との光学特性の変動をより十分に抑えることができる。

【0009】そこで、本発明では、調整すべき光学部材を含む空間区画内の窒素を空気で置換し、光学部材を空気雰囲気中において調整する。そして、光学調整中または光学調整後に、その空間区画内が空気雰囲気である状態のままで露光光の強度を実質的に低下させて検査露光を行う。このように、本発明では、空気雰囲気中において光学部材を調整した状態のままで、空間区画内の空気を窒素で置換することなく検査露光を行うことができる。換言すれば、本発明では、空気雰囲気中において光学調整を行いながら、検査露光を必要に応じて随時繰り返すことができる。したがって、本発明の光学調整方法によれば、光学系の調整および検査を効率良く且つ迅速に行うことができる。

【0010】なお、前述したように、光路の一部が空気雰囲気である状態で通常の強度を有する露光光を用いて検査露光を行うと、オゾンの発生により光学部材が損傷を受ける可能性がある。そこで、本発明では、光路の一部が空気雰囲気である状態において、露光光の強度を十分低下させて検査露光を行う。この場合、露光光の強度を低下させることにより検査露光のスループットはある程度低下するが、検査精度は低下することなく、オゾンの発生も十分小さく抑えることができる。また、光学系の調整および検査の作業効率の著しい向上に鑑みて、検査露光のスループットの低下は実務上ほとんど問題とならない。

【0011】本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施例にかかる光学調整方法が適用される露光装置の構成を概略的に示す図である。また、図2は、図1の投影光学系PLのレンズ構成を示す図である。図1において、投影光学系PLの物体面には、所定の回路パターンが形成されたマスクとしてのレチクルRが配置されている。また、投影光学系PLの像面には、感光性基板としてのウエハWが配置されている。そして、レチクルRはレチクルステージRS上に保持されており、ウエハWは投影光学系PLの光軸AXに垂直な面に沿って二次元的に移動可能に構成されたウエハステージWS上に保持されている。

【0012】また、レチクルRの上方には、レチクルR\*

$$d0 = 103.391$$

$$\beta = -0.25$$

$$NA = 0.56$$

\*を均一に照明するための照明光学系ISが配置されている。照明光学系ISの内部には、たとえばArFエキシマレーザ光( $193.4\text{ nm}$ )を供給する光源(不図示)が配置されている。照明光学系ISから供給された露光光は、レチクルRを照明し、投影光学系PLの瞳位置(開口絞りASの位置)には照明光学系IS中の光源の像が形成される。すなわち、照明光学系ISはレチクルRをケラー照明し、照明されたレチクルRのパターン像が投影光学系PLを介してウエハW上に形成される。

【0013】図2を参照すると、投影光学系PLは、レチクル側から順に、両凹レンズL1、両凸レンズL2、両凸レンズL3、両凸レンズL4、レチクル側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5、両凸レンズL6、レチクル側に凸面を向けた負メニスカスレンズL7、両凹レンズL8、レチクル側に凹面を向けた平凹レンズL9、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL10、レチクル側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11、レチクル側に平面を向けた平凸レンズL12、両凸レンズL13、両凸レンズL14、両凸レンズL15、レチクル側に平面を向けた平凹レンズL16、レチクル側に凸面を向けた負メニスカスレンズL17、両凹レンズL18、開口絞りAS、レチクル側に凹面を向けた負メニスカスレンズL19、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL20、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21、両凸レンズL22、レチクル側に凹面を向けた負メニスカスレンズL23、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL24、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL25、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL26、レチクル側に凸面を向けた負メニスカスレンズL27、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL28、およびレチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL29から構成されている。

【0014】次の表(1)に、本実施例における投影光学系PLの諸元の値を掲げる。表(1)において、左端の数字はレチクル側からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間隔を、nは露光波長 $\lambda = 193.4\text{ nm}$ に対する各レンズの屈折率を示している。また、d0はレチクルRから最もレチクル側のレンズ面までの軸上距離を、 $\beta$ は投影光学系PLの投影倍率を、NAは投影光学系PLのウエハ側における開口数をそれぞれ表している。なお、露光波長 $\lambda = 193.4\text{ nm}$ に対する窒素の屈折率は $0.9999986$ であり、空気の屈折率は $1.0$ である。

【0015】

【表1】